

**Device for conveying powder and method for operating the same**

Patent Number: ☐ US2005019106  
Publication date: 2005-01-27  
Inventor(s): MOSER JURG [CH]  
Applicant(s):  
Requested Patent: ☐ WO03024612  
Application Number: US20040489841 20040825  
Priority Number(s): DE20011045448 20010914; WO2002EP10339 20020914  
IPC Classification: B65G53/40  
EC Classification: B05B7/14A7B, B65G53/28, F04B11/00P2, F04B15/00  
Equivalents: ☐ DE10145448, ☐ EP1427536 (WO03024612), JP2005502564T,  
☐ WO03024613

---

**Abstract**

Transport system with several devices (1) for transporting powder, where each device (1) has a transfer chamber (3) into which a supply line (6) and a discharge line (8) for the powder open, and means to generate a negative pressure in the transfer chamber (3), where the means to generate a negative pressure in the device (1) has a piston (11) which is moveable in the transfer chamber.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. März 2003 (27.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

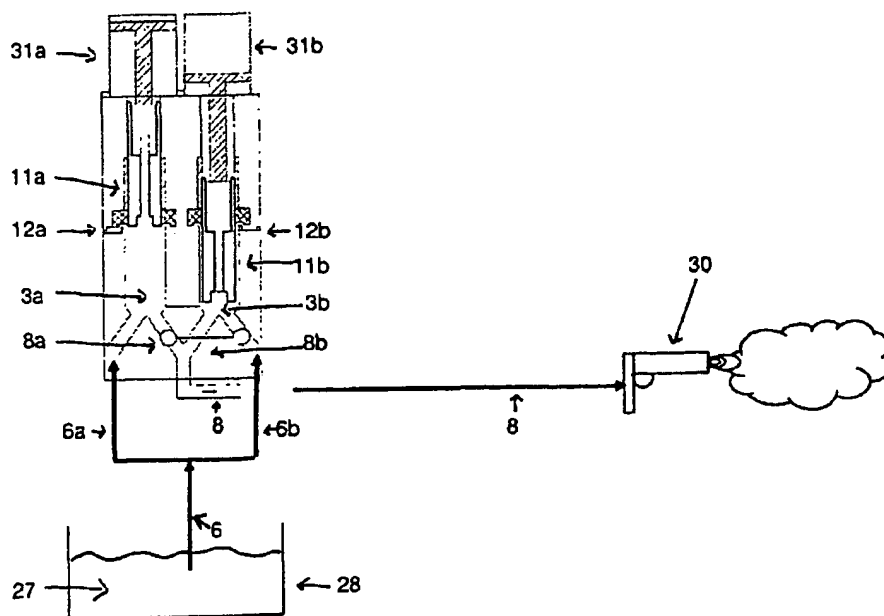
WO 03/024612 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B05B 7/14, B65G 53/28, F04B 53/14, F04F 1/06
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MOSER, Jürg [CH/CH]; Hubelsgasse 51, CH-3421 Lyssach (CH):
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/10339
- (74) Anwalt: DUNKELBERG, Oliver; Brandenburg, Dunkelberg & Franke, Partnerschaft, Trarbacher Str. 21, 47259 Duisburg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 14. September 2002 (14.09.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (30) Angaben zur Priorität: 101 45 448.1 14. September 2001 (14.09.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): RAMSEIER TECHNOLOGIES AG [CH/CH]; Moosstr. 2, CH-3113 Rubingen (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR CONVEYING POWDER AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM FÖRDERN VON PULVER UND VERFAHREN ZU DEREN BETRIEB



(57) Abstract: The invention concerns a conveyor system comprising a number of devices (1) for conveying powder, whereby each device (1) has a conveying chamber (3), into which a supply line (6) and a discharge line (8) for the powder lead, and means for creating a low pressure inside the conveying chamber (3). The means for creating a low pressure inside the device (1) has a piston (11) that can be displaced inside the conveying chamber.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/024612 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— mit geänderten Ansprüchen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

(57) **Zusammenfassung:** Förderanlage mit mehreren Vorrichtungen (1) zum Fördern von Pulver, wobei jede Vorrichtung (1) eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden, und Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Förderkammer (3) aufweist, wobei das Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Vorrichtung (1) einen in der Förderkammer beweglichen Kolben (11) aufweist.

## Vorrichtung zum Fördern von Pulver und Verfahren zu deren Betrieb

- 5 Die Erfindung betrifft eine Förderanlage zum Fördern von Pulver, deren Verwendung sowie ein Verfahren zum Fördern von Pulver.

Zahlreiche bekannte Vorrichtungen zum Fördern von Pulver arbeiten nach dem Venturi-Prinzip, bei dem das Pulver durch einen Gasstrom in einer Düse mitgerissen  
10 wird. Solche Vorrichtungen sind zwar einfach im Aufbau, haben aber drei gravierende Nachteile:

Zum einen ist die im Gasstrom zu erreichende Pulverdichte sehr gering und das Pulver wird mittels Flugförderung transportiert d.h. die Luftgeschwindigkeit muss größer sein als die Schwebegeschwindigkeit. Zum anderen ist die Konstanz der  
15 geförderten Pulvermenge völlig unzureichend. Darüber hinaus lässt sich die Pulvermenge nur schlecht dosieren. Diese Nachteile sind besonders gravierend, wenn solche auf dem Venturi-Prinzip basierende Pumpen zur Förderung von Pulverlacken eingesetzt werden, da die resultierenden Beschichtungen erhebliche Schwankungen in der Schichtdicke und den optischen Eigenschaften aufweisen.

20

Deshalb wurde in der Vergangenheit nach Lösungen gesucht, die nicht nach dem Venturi-Prinzip arbeiten.

- 25 Aus der EP 1 106 547 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der Pulver pneumatisch in eine so genannte Dosierkammer gefördert wird. Diese Dosierkammer ist mit einer Saugleitung verbunden. Die Dosierkammer ist des weiteren mit einer Druckleitung verbunden, wodurch das Pulver aus der Dosierkammer in eine Austragsleitung gefördert wird.

- 30 Um in der Saugleitung einen Unterdruck zu erzeugen, benötigt diese Vorrichtung eine externe Vorrichtung außerhalb der Dosierkammer zum Erzeugen von Unterdruck, beispielsweise eine Vakuumpumpe. Zwischen dieser und der Dosierkammer muss ein Steuerorgan vorhanden sein, mit dem sich der Durchgang für das Gas unterbrechen und freigeben lässt. Damit das in die Dosierkammer strömende Pulver  
35 nicht in die Saugleitung gelangen kann, ist letztere durch eine gasdurchlässige Trennmembrane von der Dosierkammer getrennt. Je nach der Beschaffenheit des

mit dieser Vorrichtung geförderten Pulvers neigt die Trennmembrane dazu, verstopft oder verklebt zu werden, was natürlich das einwandfreie Funktionieren der Vorrichtung beeinträchtigt.

5 Eine weitere Membranpumpe zur Förderung von Pulvern ist aus der EP 0 124 933 bekannt. Dort ist eine Pumpe mit einem Kolben beschrieben, der in einer Förderkammer auf- und abwärts bewegt wird. Der Kolben erzeugt bei seinem Aufwärtsgang einen Unterdruck in der Zufuhrleitung und saugt so das Pulver aus dem Vorratsbehälter. Anschließend wird durch eine Abwärtsbewegung des Kolben das Pulver in der Förderkammer verdichtet. Nachdem der Kolben den unteren Totpunkt erreicht hat, wird die Austragsleitung geöffnet und das verdichtete Pulver mittels Druckluft zur Applikationsstelle gefördert.

10 Für die Unterdruckerzeugung muss der Kolben über eine Dichtung abgedichtet werden, was zu einem extremen Verschleiß und Verschmutzungen der bewegten Teile führt.

15 Diese Pumpe erzeugt einen sehr ungleichmäßigen Pulver/Luft-Volumenstrom. Des weiteren führen leicht vernetzbare Pulver, wie beispielsweise härtbare Pulverlacke, aufgrund der Komprimierung vor der Förderung leicht zu Verstopfungen der Förderkammer.

20 Dies ist wohl auch der Grund, warum diese Bauart sich bei der Förderung von Pulverlacken nicht durchgesetzt hat.

Gemäß der US 3,391,963 wird soll ein Verstopfen einer Membran bei einer Förder-  
vorrichtung von Pulver dadurch verhindert werden, dass die Membran von einem  
25 Kolben hin- und herbewegt wird. Dadurch wellt sich die Membran und das an ihr haftende Pulver kann abgeschüttelt werden. Diese Vorrichtung arbeitet ohne Zufuhr von Druckluft in die Förderkammer.

Diese Vorrichtung ist jedoch teuer und verschleißanfällig, da sie eine semipermeable Membran verlangt. Darüber hinaus wird durch die mechanische Bewegung der  
30 Membran der größte Teil des anhaftenden Pulvers entfernt. Jedoch verbleiben geringe Mengen an Pulver auf der Oberfläche der Membran, so dass nach längerer Betriebszeit Verklebungen der Pulver zu beobachten sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Förderanlage für die  
35 Förderung von Pulvern bereitzustellen, die einfacher und störungsfreier zu betreiben ist und die eine wesentlich verbesserte Konstanz in der Fördermenge aufweist als die bekannten Pumpen des Standes der Technik.

Die Förderanlage der vorliegenden Erfindung soll sich besonders für die Förderung von vernetzbaren und/oder härtbaren Lacken eignen, ohne dass Anbackungen oder Verklebungen innerhalb der Förderanlage auftreten.

5 Ferner soll die Förderanlage ohne eine zusätzliche, externe Quelle zur Erzeugung eines Unterdrucks zu betreiben sein.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Förderanlage mit mehreren Vorrichtungen (1) zum Fördern von Pulver, wobei jede Vorrichtung (1)

- 10 • eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; und
  - Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Förderkammer (3);
- aufweisen, und wobei das Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Vorrichtung (1) einen in der Förderkammer beweglichen Kolben (11) aufweist.

15 Unter der Bezeichnung „Förderkammer“ wird hier und im folgenden der Teil der Vorrichtung (1) verstanden, der für das Pulver zugänglich ist, wenn sich der Kolben am oberen Totpunkt (OT) befindet.

Nicht dazu gerechnet werden die Zuführleitung (6) und die Austragsleitung (8).

20 Der Kolben (11) bewegt sich in der Förderkammer (3). Darunter wird verstanden, dass die Stirnfläche des Kolbens einen Teil der Förderkammer bei der Kolbenbewegung durchfährt. An den oberen Teil der Förderkammer schließt sich der Teil der Zylinderkammer an, die durch die Bauweise des Kolbens notwendig ist, wenn er sich am oberen Totpunkt (OT) befindet. Dieser Teil der Zylinderkammer ist für das  
25 zu fördernde Pulver nicht zugänglich.

Diese erfindungsgemäße Förderanlage gewährleistet einen gleichmäßigen Transport von großen Pulvermengen ohne große Mengen an Transportluft und hohe Volumengeschwindigkeiten, wie sie beispielsweise bei Fördervorrichtungen unvermeidlich  
30 sind, die auf dem Venturi-Prinzip basieren.

Dieser gleichmäßige Transport zeigt sich besonders eindrucksvoll an Langzeituntersuchungen hinsichtlich der Fördermenge: Mit dieser erfindungsgemäßen Pumpe ist es erstmals möglich, über einen Betriebszeitraum von 100 Tagen eine maximale Abweichung von  $\pm 2\%$  der voreingestellten Fördermenge von 250 g/min Pulver zu  
35 erreichen.

Des weiteren hat die erfindungsgemäße Lösung insbesondere den Vorteil, dass sie ohne eine außerhalb der Förderkammer angeordnete Einrichtung zum Erzeugen von Unterdruck auskommt. Somit entfallen externe Vorrichtungen zur Erzeugung

eines Unterdrucks, das über die Zuführleitung zu fördernde Pulver wird ausschließlich durch die Kolbenbewegung gefördert, genauer gesagt durch die Kolbenbewegung von unteren Totpunkt (UT) zum oberen Totpunkt (OT). Die Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks sind nur in der Vorrichtung (1) integriert, nämlich in der Förderkammer (3).

Die erfindungsgemäße Förderanlage weist gegenüber bekannten Pumpen keine Membran auf. Daher sind auch bei der Förderung fein verteilter Pulver, die vernetzungsfähig oder physikalisch härtbar sind (wie z.B. Pulverlacke für die Lackierung von Oberflächen), keine Anbackungen zu beobachten.

Der Zylinderinnenraum kann des weiteren eine am oberen Totpunkt (OT) angeordnete Dichtung aufweisen; der Kolben hat in diesem Fall einen etwa 0,5 mm geringeren Durchmesser als die Bohrung des Zylinderinnenraums. Durch diese Ausführungsform können Pulverablagerungen an den bewegten Teilen und der Verschleiß deutlich verringert werden.

Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung weist die Förderanlage zusätzlich eine Steuereinheit auf, um eine nicht synchrone Hin- und Herbewegung der einzelnen Kolben (11) zu gewährleisten.

Unter dem Begriff „nicht synchron“ wird hier und im folgenden verstanden, dass die Kolben zu einem definierten Zeitpunkt ihres Betriebs sich nicht in die gleiche Richtung bewegen und nicht sich am gleichen Ort befinden.

Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass die Fördermenge über den zeitlichen Verlauf noch weiter verbessert ist. Dies ist besonders für kritische Anwendungsbereiche, wie z.B. die Zuführung von Pulverlack zu den entsprechenden Zerstäubervorrichtung (ESTA-Hochrotationsglocken) von erheblichem Vorteil, was sich einfach an einem wesentlich besseren Verlauf der resultierenden ausgehärteten Lackfilme zeigt.

Des weiteren ist keine Fluidisierung des Pulvers für den Ansaugvorgang notwendig, die sonst zu beobachtende Entmischung des Pulvers wird somit wirksam verhindert.

Die Austragsleitungen (8) einer jeden Vorrichtung können einzelnen Verbrauchsstellen zugeführt werden.

Entsprechend einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform dieser Anmeldung werden die Austragsleitungen (8) an eine gemeinsame Verbrauchsstelle geführt.

5 Auf diese Weise wird – neben den zuvor beschriebenen Maßnahmen – die Fördermenge über den zeitlichen Verlauf ein weiteres Mal verbessert.

In einer weiteren, ganz besonders bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist die Förderanlage zwei Vorrichtungen (1) auf.

10 Diese Ausführungsform stellt nach bisherigen Erkenntnissen ein Optimum an konstanter Fördermenge im Hinblick auf eine möglichst einfache und kostengünstige Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls bevorzugt solche Förderanlagen, deren Vorrichtungen (1) zusätzlich einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist.

15 Hierdurch können erstmals sehr kritische Pulver gefördert werden, die bisher in mechanisch betriebenen Pulverpumpen zu Verklebungen oder Anbackungen geführt haben. Solche kritischen Pulver sind beispielsweise Pulverlacke auf Acrylatbasis, die zusätzlich ein Verlaufsmittel enthalten.

20 Entsprechend dieser Ausführungsform können solche bisher schwierig zu fördernde Pulver einfach transportiert und/oder dosiert werden.

Besonders bevorzugt ist eine erfindungsgemäße Förderanlage, bei der der Kanal (12) oberhalb des unteren Totpunkts (UT) des Kolbens (11) in die Förderkammer (3) mündet.

25 Auf diese Weise wird eine möglichst schonende Luftverteilung in der Förderkammer erreicht.

Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung mündet der Kanal (12) in eine umlaufende Nut mit Öffnung zur Förderkammer (3).

30 Diese Ausführungsform gewährleistet eine besonders gleichmäßige Luftverteilung. Durch die umlaufende Nut kann ein spezieller Reinigungsschritt der Förderkammer möglichst effektiv durchgeführt werden. Hierzu braucht man nur Druckluft mit einem  
35 doppelt so hohen Druck als im normalen Förderbetrieb in die Förderkammer über die vorhandenen Vorrichtungen zu geben. Im Allgemeinen beträgt der Druck der zugeführten Luft 3 bar. Für den Reinigungsschritt wird der Druck der Druckluft auf 6



bar erhöht. Durch die umlaufende Nut mit Öffnung zur Förderkammer (3) wird auf diese Weise eine effektive Reinigung der Förderkammer (3) gewährleistet.

5 Damit ist ein schneller Wechsel unterschiedlicher Pulver mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erstmals möglich, ohne dass die erfindungsgemäße Förderanlage manuell gereinigt werden muss. Durch die Umlauf mit Öffnung zur Förderkammer hin wird die Nut selber auch sauber gereinigt. Somit verbleiben in der Nut nach einem Reinigungsschritt keine Pulverreste. Der Wechsel unterschiedlicher Pulver ist be-  
10 sondern in der Lackierung von Oberflächen mittels Pulverlacke äußerst interessant: So können wesentlich schneller Farbtonwechsel durchgeführt werden; die bisher üblichen Farbtonschwankungen durch Verunreinigungen entfallen bei Verwendung der erfindungsgemäßen Förderanlage völlig.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung hat die umlaufende Nut eine Weite von 0,05 bis 1 mm.

15 Diese Nutenbreite stellt ein Optimum dar zwischen ausreichender Breite, über die die für besonders kritische Pulver notwendige Luftmenge dauerhaft der Förderkammer zugeführt werden kann und einer nicht zu großen Weite, die ein Zusetzen der Nut mit dem zu fördernden Pulver begünstigen würde.

20 Entsprechend einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform dieser Anmeldung sind der untere Teil (3a) der Förderkammer (3), die Zuführleitung (6) und die Austragsleitung (8) aus dem gleichen Material gefertigt. Insbesondere stellen sie eine auswechselbare Einheit dar.

25 Der besondere Vorteil liegt in der Servicefreundlichkeit und Einfachheit dieser Ausführung.

Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls bevorzugt eine Förderanlage, bei der mindestens eine der Austragsleitungen (8) einen inneren Durchmesser von weniger als 8 mm, insbesondere weniger als 6,5 mm, aufweist.

30 Diese Ausführungsform ist dann von besonderem Vorteil, wenn der Endverbraucher sehr wenig Gegendruck auf den geförderten Pulverstrom in der Austragsleitung (8) ausübt. Der im Vergleich zu den sonst verwendeten Zuführ- und Austragsleitungen sehr niedrige Innendurchmesser bewirkt einen solchen Gegendruck, dass ein noch gleichmäßigerer Volumenstrom erzielt werden kann als bei größeren Durchmesser.

35 Das insbesondere für die Pulverlackierung mit Nachteilen in der optischen Güte der erhaltenen Lackierungen verbundene Pulsieren des Pulver/Luft-Stroms wird so verhindert.

Bei einer gleichermaßen bevorzugten Förderanlage der vorliegenden Erfindung hat mindestens eine der Austragsleitungen (8) eine Länge von mindestens 5 m, insbesondere von mindestens 10 m.

5 Diese Mindestlänge baut den zum Verhindern eines Restpulsieren notwendigen Gegendruck auf. Im Gegensatz zu Pumpen des Standes der Technik ist die Förderanlage der vorliegenden Erfindung um so besser, je länger die Austragsleitung ist. Eine optimale Förderung ist auch mit einer Länge von 100 m immer noch gewährleistet.

10 Gemäß einer weiteren, ebenfalls bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung ist der Kolben (11) über ein Entkoppelungselement (32) mit der Antriebseinheit (31) verbunden.

Auf diese Weise können sehr einfache Antriebseinheiten für den Antrieb des Kolbens verwendet werden, beispielsweise einfache pneumatisch betriebene Druckluftzylinder. Diese handelsüblichen Druckluftzylinder haben aufgrund ihrer Bauweise ein seitliches Spiel. Dieses seitliche Spiel verhindert eine präzise Führung eines starr mit einer solchen Antriebseinheit verbundenen Kolbens (11). Diese Toleranzen würden zu Verklebungen an den Seitenwänden der Förderkammer im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und unterem Totpunkt (UT) führen. Des weiteren würde dieses seitliche Spiel eine deutlich niedrigere Standzeit vorhandener Dichtungselemente mit sich bringen.

20 Das zusätzliche Entkopplungselement ist sowohl mit der Antriebseinheit und mit dem Kolben in Hub- und Abwärtsrichtung fest verbunden. Allerdings weist es durch übliche, dem Fachmann bekannte Maßnahmen ein seitliches Spiel auf, die das eigentlich unerwünschte seitliche Spiel somit ausgleichen. Diese Ausführungsform gewährleistet ein hohe Führungssicherheit des Kolbens.

Es ist aber auch möglich, auf das zuvor beschriebene Entkopplungselement (32) vollständig zu verzichten. In dieser ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Kolben (11) direkt mit der Antriebseinheit (31) verbunden.

30 Somit ist es möglich, dass der Kolben (11) vollumfänglich in der Führungsbuchse läuft.

Entsprechend einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform dieser Anmeldung weist der innere Durchmesser der Förderkammer im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und unteren Totpunkt (UT) des Kolbens (11) einen Durchmesser auf, der 0,2 bis 0,8 mm größer ist als der äußere Durchmesser des Kolbens (11).

Bei dieser Ausführungsform wird die Luft laminar in die Förderkammer eingebracht; gleichzeitig werden Verschmutzungen an der Zylinderinnenwand vermieden.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung beträgt das Totvolumen bei geschlossenem Ventil und Kolben am unteren Totpunkt weniger als 1/10, insbesondere weniger als 1/50, des Volumens der gesamten Förderkammer beträgt.

Die Verringerung des Totvolumens ist dann besonders wichtig, wenn Schwankungen von weniger als 2 % des geförderten Luft/Pulver-Stroms über lange Zeit gewährleistet werden müssen.

10 Üblicherweise hat eine Vorrichtung (1) der erfindungsgemäßen Förderanlage ein Volumen der Förderkammer zwischen 15 und 40 ml. Ein Totvolumen von weniger als 1 ml absolut zeigt bereits deutliche Verbesserungen in der Konstanz der Fördermenge.

15 In der Praxis wird das Totvolumen am einfachsten verringert, in dem die Ventile der Zuführleitung (6) und der Austragsleitung (8) möglichst nah an der Förderkammer (3) angeordnet sind.

20 Die vorliegende Erfindung betrifft zur Lösung der Aufgabe des weiteren ein Verfahren zum Fördern von Pulver mittels einer Vorrichtung, die eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; einen Kolben (11) zum Erzeugen eines Unterdrucks in der Förderkammer (3); und einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist, wobei der Kolben (11) aus seiner Ausgangslage durch eine Bewegung das Pulver in die Förderkammer saugt, dann Druckgas der Förderkammer (3) zugeführt wird und anschließend der Kolben (11) in seine Ausgangslage zurückkehrt.

25 Dieses erfindungsgemäße Verfahren gewährleistet ebenso wie die zuvor beschriebene Förderanlage einen gleichmäßigen Transport von großen Pulvermengen ohne große Mengen an Transportluft und hohe Volumengeschwindigkeiten, wie sie beispielsweise bei Fördervorrichtungen unvermeidlich sind, die auf dem Venturi-Prinzip basieren.

30 Dieser gleichmäßige Transport zeigt sich besonders eindrucksvoll an Langzeituntersuchungen hinsichtlich der Fördermenge: Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, über einen Betriebszeitraum von 100 Tagen eine maximale Abweichung von  $\pm 2\%$  der voreingestellten Fördermenge von 250 g/min Pulver zu erreichen.

Des weiteren hat die erfindungsgemäße Lösung insbesondere den Vorteil, dass sie ohne eine außerhalb der Förderkammer angeordnete Einrichtung zum Erzeugen von Unterdruck auskommt. Somit entfallen externe Vorrichtungen zur Erzeugung

eines Unterdrucks, das über die Zuführleitung zu fördernde Pulver wird ausschließlich durch die Kolbenbewegung gefördert, genauer gesagt durch die Kolbenbewegung von unteren Totpunkt (UT) zum oberen Totpunkt (OT). Die Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks sind nur in der Vorrichtung (1) integriert, nämlich in der Förderkammer (3). Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt keine Membran zur Erzeugung eines Unterdrucks.

Durch die Zufuhr von Druckgas können erstmals sehr kritische Pulver gefördert werden, die bisher in anderen Pulverpumpen des Standes der Technik zu Verklebungen oder Anbackungen geführt haben. Solche kritischen Pulver sind beispielsweise Pulverlacke auf Acrylatbasis, die zusätzlich ein Verlaufsmittel enthalten.

Bei einer gleichermaßen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Verschließen der Zuführleitung (6) und das Öffnen der Austragsleitung (8) nicht gleichzeitig. Insbesondere wird zuerst die Zuführleitung verschlossen und dann die Austragsleitung geöffnet.

Gemäß einer einfachen Realisierung dieses Verfahrensmerkmals bestehen die Zuführleitung (6) und die Austragsleitung (8) aus einem elastomeren Material. Zwischen beiden Schläuchen befindet sich eine Wandung, in einem Absperrbereich sind die Schläuche parallel geführt. Durch einen mechanischen Antrieb werden zwei parallel zueinander angeordnete Stäbe in senkrechter Richtung zur Wandung und zur Schlauchrichtung bewegt. Durch diese Bewegung bewegt sich der erste Stab weg von der ersten Schlauchleitung, der zweite Stab bewegt sich auf die zweite Schlauchleitung und quetscht diese. So wird die erste Schlauchleitung geöffnet und die zweite Schlauchleitung geschlossen. Wird der mechanische Antrieb in die entgegengesetzte Richtung bewegt, so wird die erste Schlauchleitung geöffnet und die zweite verschlossen. Um ein zeitlich verzögertes Öffnen und Schließen der beiden Schlauchleitungen sicherzustellen, werden die beiden Stäbe parallel zueinander, aber schräg zu der Wandung ausgerichtet. Für eine größere zeitliche Verzögerung ist es vorteilhaft, wenn die im Absperrverlauf durch beide Schläuche verlaufende senkrechte Schnittebene mit der durch die Bewegung der Stäbe gebildeten Achse einen Winkel von mehr als 30 ° bildet.

Eine solche Schließ- und Öffnungsvorrichtung zum zeitlich unterschiedlichen Öffnen und Verschließen der Zuführleitung (6) und Austragsleitung (8) ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt.

Entsprechend einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Abwärtsgeschwindigkeit des Kolbens nicht kon-

stant. Insbesondere wird die Abwärtsgeschwindigkeit zum unteren Totpunkt (UT) hin verlangsamt.

Hierdurch wird die gleichmäßige Förderung des Pulvers noch einmal verbessert. Die Steuerung der Abwärtsgeschwindigkeit des Kolbens (11) erfolgt über die Druckluft.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Fördermenge an Pulver durch den Hub des Zylinders eingestellt.

Hierdurch kann in einfacher Weise eine Voreinstellung der zu fördernden Pulvermenge realisiert werden.

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls bevorzugt ein Verfahren, bei dem die Fördermenge an Pulver durch die Hubfrequenz des Zylinders eingestellt wird.

Diese Einstellung stellt eine einfache und effektive Möglichkeit zur Feineinstellung der zu fördernden Pulvermenge dar. Diese Einstellung ist durch eine einfache elektronische Regelung der Hubfrequenz möglich.

15

Eine gleichermaßen bevorzugte Ausgestaltung des vorliegenden Verfahrens sieht die Beendigung der Zufuhr der Druckluft vor Verschließen der Austrags- und Zuführleitung vor.

20

Gemäß einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung wird die Zufuhr der Druckluft vor Verschließen der Austrags und Zuführleitung beendet.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass keine Förderluft in die Zuführleitung eintritt.

25

Entsprechend einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird

30

- die Austragsleitung (8) wird verschlossen, wenn der Kolben (11) in seiner Hubbewegung den oberen Totpunkt (OT) erreicht hat;
- danach die Zuführleitung (6) verschlossen;
- nach einer Wartezeit von mindestens 15 ms Druckluft in die Förderkammer (3) gegeben;
- nach einer Wartezeit von mindestens 110 ms der Kolben (11) abwärts unter Zufuhr von Druckluft bewegt;
- die Zufuhr der Druckluft spätestens 20 ms vor Erreichen des unteren Totpunkts (UT) beendet; und
- anschließend die Austragsleitung geschlossen.

35

Dieses Verfahren stellt einen optimierten Zyklus dar, der für die meisten zu fördern-  
den Pulver allgemein verwendbar ist und der eine gleichmäßige Pulverförderung  
ohne Auftreten von Schwankungen und ohne Verklebungen oder Verbackungen in  
der Förderkammer (3) gewährleistet.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird zwi-  
schen dem kontinuierlichen Betrieb ein Reinigungsprogramm gefahren, bei dem  
Druckluft

- mindestens viermal mit einer Dauer von jeweils mindestens 2,5 s in die  
Förderkammer (3) gegeben wird; und anschließend
- mindestens einmal mit einer Dauer von mindesten 6 s in die Förderkammer (3)  
gegeben wird.

10

Der Druck der zugeführten Druckluft beträgt etwa 6 bar. Bei diesem Pulsen ist die  
Dauer der Zufuhr im Allgemeinen länger als die Unterbrechung.

15

Die Vorrichtung und das Verfahren gemäss der Erfindung finden insbesondere in  
der industriellen Pulverbeschichtung Verwendung. Insbesondere eignet sich die  
erfindungsgemäße Förderanlage für den Einsatz in der Automobilindustrie für die  
Lackierung von farblosen Klarlacken und von farbgebenden Basislacken.

20

Die folgenden Beschreibungen der Abbildungen und Schemata dienen der Erläute-  
rung der Erfindung, ohne diese darauf zu beschränken:

25

In Figur 1 ist eine erfindungsgemässe Anlage zum Fördern eines Pulvers (27) aus  
einem Pulverbehälter (28) mit Hilfe einer Förderanlage (29) zu einer Applikations-  
stelle (30), in der in diesem Beispiel eine Pulverpistole zum Auftragen verwendet  
wird, dargestellt.

30

Die Förderanlage (29) besteht in diesem Beispiel aus zwei gleichartig aufgebauten,  
aber gegensinnig betriebenen Vorrichtungen (1a) und (1b). Selbstverständlich kann  
die Förderanlage (29) auch mehr als zwei Vorrichtungen (1a), (1b) aufweisen, je  
nach dem, welche Pulvermengen zur Applikationsstelle (30) gefördert werden müs-  
sen und wie pulsationsfrei dies geschehen soll.

35

Gefördert wird das Pulver (27) über eine gemeinsame Zuführleitung (6a), (6b), die  
sich in Zuführleitungen (6a) und (6b) aufteilt. Beide Zuführleitungen (6a), (6b) mün-  
den in je eine Förderkammer (3a), (3b). In jeder Zuführleitung (6a), (6b) sind Ab-  
schlussorgane (7a), (7b) angeordnet.

Aus den Förderkammern (3a), (3b) gelangt das Pulver über Austragsleitungen (8a), (8b) in die gemeinsame Austragsleitungen (8), die zur Applikationsstelle (30) führt. Auch hier sind in den beiden Austragsleitungen (8a), (8b) Absperrventile (9a), (9b) angeordnet.

5

Darüber hinaus zeigt die Figur 1 Antriebseinheiten (31a), (31b) mit denen der Kolben über Entkopplungselemente (32a), (32b) verbunden ist. Ferner befindet sich der linke Kolben (11a) am oberen Totpunkt. Unter dem oberen Totpunkt (OT) ist der Kanal (12) dargestellt, über den die Druckluft in die Förderkammer (3a) zugeführt wird.

10

Eine besondere Ausführungsart einer Vorrichtung (1), die ebenfalls in der erfindungsgemäßen Förderanlage verwendet werden kann, ist unter Bezugnahme auf die beiliegende Figur 2 beispielhaft näher erläutert. Die Figur 2 zeigt einen Längsschnitt durch eine schematisch dargestellte Vorrichtung zum Fördern von Pulver.

15

Die Vorrichtung (1) weist in einem Grundkörper (2) eine Förderkammer (3) auf, in die eine Einlassbohrung (4) und eine Auslassbohrung (5) münden. An die Einlassbohrung (4) ist eine Zuführleitung (6) angeschlossen, die mit einem Abschlussorgan (7) gesteuert verschlossen und freigegeben werden kann. An die Auslassbohrung (5) ist eine Austragsleitung (7) angeschlossen, die mit einem Abschlussorgan (9) gesteuert verschlossen und freigegeben werden kann. Der Grundkörper (2) ist mit einem Führungskörper (10) verbunden, in dem ein Kolben (11) hin- und her verschiebbar angeordnet ist. Der Saugkolben (11) hat eine Längsbohrung (14) und ist an seinem der Förderkammer zugewandten Ende mit einem Verteilstück (13) versehen, das zwischen sich und dem Kolben (11) Kanäle (12) begrenzt, die der Zuführung eines Druckgases zur Förderkammer (3) dienen. Eine Dichtung (15) dichtet den Führungskörper (10) sowohl gegenüber dem Kolben (11) als auch gegenüber dem Grundkörper (2) ab. An seiner von der Förderkammer (3) abgewandten Ende ist der Saugkolben (11) mit einer Antriebsvorrichtung (16) verbunden.

20

25

30

Die Antriebsvorrichtung (16) ist im vorliegenden Beispiel als druckmittelbetriebene Kolben-Zylindereinheit ausgebildet. Sie könnte aber auch als mechanische Antriebseinheit, beispielsweise als Exzenter- oder Kurbelantrieb oder als elektromagnetische Antriebseinheit ausgebildet sein. Der in einem Zylinder (17) durch ein Druckmittel, beispielsweise Luft, bewegbare Kolben (18) der Antriebsvorrichtung (16) hat eine durchgehende, hohle Kolbenstange (19), die an ihrem in der Figur un-

35

teren Ende mit einem Kolben (11) verbunden ist. Am anderen Ende der Kolbenstange (19) ist eine Leitung (26) in der Form eines Schlauches angeschlossen, die mit einem Ventil (25) verbunden ist und deren Funktion weiter unten erläutert wird. Eine obere Druckmittelleitung (20) und eine untere Druckmittelleitung (21) dienen zum Beaufschlagen des Kolbens (18) mit einem Druckmittel, beispielsweise Luft, um diesen im Zylinder (17) ab und auf zu bewegen. Die Druckmittelleitungen (20) und (21) sind mit einem Mehrwegeventil (22) verbunden, das seinerseits an eine Druckmittelquelle (23) angeschlossen ist. Je nach der Stellung des Mehrwegeventils (22) ist eine der beiden Druckmittelleitungen (20) oder (21) mit Druck beaufschlagt, während die andere mit einem Auslass (24) verbunden ist.

Im folgenden wird die Funktion der oben beschriebenen Vorrichtung erläutert. Ausgehend von der in der Figur 2 dargestellten Lage wird der Kolben (11) durch die Antriebsvorrichtung (15) von der Förderkammer (3) wegbewegt. Das Abschlussorgan (9) in der Austragsleitung (8) ist zu diesem Zeitpunkt geschlossen. Durch diese Bewegung des Saugkolbens (11) entsteht in der Förderkammer (3) ein Unterdruck. Gleichzeitig wird das Abschlussorgan (7) in der Zuführleitung (6) geöffnet, so dass Pulver aus einem (nicht dargestellten) Pulvervorrat in die Förderkammer (3) strömt. Das Pulver in der Zuführleitung (7) kann bereits in einem Gas oder Gasgemisch dispergiert sein, damit es besonders gut fließfähig ist. In den meisten Fällen wird dieses Gasgemisch Luft sein. Jedoch kann bei heiklen pulverförmigen Stoffen, beispielsweise solchen, die mit Sauerstoff unerwünscht reagieren oder vernetzen, ein anderes Gas oder Gasgemisch, beispielsweise ein Inertgas, verwendet werden. Nachdem genügend Pulver in die Förderkammer (3) geströmt ist, wird das Abschlussorgan (7) in der Zuführleitung (6) geschlossen. Durch Öffnen des Ventils (25) wird Druckgas, das aus der selben Quelle (23) stammen kann wie das zum Betrieb der Antriebsvorrichtung (16) verwendete, dazu gebracht, durch die Leitung (26), die Kolbenstange (19) und die Längsbohrung (14) des Saugkolbens (11) zu strömen. Gleichzeitig wird das Abschlussorgan (9) in der Austragsleitung (8) geöffnet, so dass das in der Förderkammer (3) vorhandene Pulver durch die Austragsleitung (8) ausgestoßen wird. Dieses Ausstoßen des Pulvers mittels Druckgas kann bereits erfolgen, bevor der Kolben (11) in seine Endlage erreicht hat, in der er von der Förderkammer entfernt ist. Damit lässt sich eine genaue Dosierung des durch die Vorrichtung geförderten Pulvers erreichen. Nachdem der Saugkolben (11) wieder in seine in der Figur dargestellten Ausgangslage zurückgekehrt ist, kann ein neuer Förderzyklus beginnen.



Die Figur 3 zeigt eine Schließ- und Öffnungsvorrichtung zum zeitlich unterschiedlichen Öffnen und Verschließen der Zuführleitung (6) und Austragsleitung (8):

Diese Figur 3 stellt einen Schnitt im Bereich der Zuführleitungen (6a), (6b) und Austragsleitung (8a), (8b) dar. Die Schnittebene verläuft senkrecht zu diesen Leitungen.

- 5 Für eine entsprechende Bewegung der Stäbe (34a), (34b) befindet sich eine entsprechende Bewegungsvorrichtung zwischen den Wandungen (33). Diese Vorrichtung zum Bewegen der beiden Stangen ist in diesem Falle ein Kurzhubzylinder. Mit X und Y werden in dieser Figur die unterschiedlichen Abstände der zu den Wandungen (33) senkrechten Achsen bezeichnet, die durch die Schlauchmitte verlaufen  
10 und die Asymmetrie kennzeichnen.

- Die Stäbe (34a), (34b) verlaufen nicht parallel zu den Wandungen (33). Durch diese Schrägstellung und die Bewegung des Kurzhubzylinders wird ein zeitlich versetztes Öffnen und Verschließen der Zufuhr- und Austragsleitungen gewährleistet. Durch  
15 einen unterschiedlichen Einstellwinkel der Stäbe (34a), (34b) wird eine unterschiedliche Zeitdifferenz vorgewählt.

## Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung	18	Kolben
2	Grundkörper	19	Kolbenstange
3	Förderkammer	20	obere Druckmittelleitung
4	Einlassbohrung	21	untere Druckmittelleitung
5	Auslassbohrung	22	Mehrwegeventil
6	Zuführleitung	23	Druckmittelquelle
7	Abschlussorgan	24	Auslass
8	Austragsleitung	25	Ventil
9	Abschlussorgan	26	Leitung (Schlauch)
10	Führungskörper	27	Pulver
11	Kolben	28	Pulverbehälter
12	Kanal	29	Förderanlage
13	Verteilstück	30	Applikationsstelle
14	Längsbohrung	31	Antriebseinheit
15	Dichtung	32	Entkopplungseinheit
16	Antriebsvorrichtung	33	Wandung
17	Zylinder	34	Stab

## A n s p r ü c h e

1. Förderanlage mit mehreren Vorrichtungen (1) zum Fördern von Pulver, wobei jede Vorrichtung (1)
  - eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; und
  - Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Förderkammer (3);aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Vorrichtung (1) einen in der Förderkammer beweglichen Kolben (11) aufweist.
2. Förderanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich eine Steuereinheit aufweist, um eine nicht synchrone Hin- und Herbewegung der einzelnen Kolben (11) zu gewährleisten.
3. Förderanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Austragsleitungen (8) an eine gemeinsame Verbrauchsstelle geführt werden.
4. Förderanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Vorrichtungen (1) aufweist.
5. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist.
6. Förderanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (12) oberhalb des unteren Totpunkts (UT) des Kolbens (11) in die Förderkammer (3) mündet.
7. Förderanlage nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (12) in eine umlaufende Nut mit Öffnung zur Förderkammer (3) mündet.
8. Förderanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die umlaufende Nut eine Weite von 0,05 bis 1 mm aufweist.

9. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Teil (3a) der Förderkammer (3), die Zuführleitung (6) und die Austragsleitung (8) aus dem gleichen Material gefertigt sind und insbesondere eine auswechselbare Einheit darstellen.
10. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Austragsleitungen (8) einen inneren Durchmesser von weniger als 8 mm, insbesondere weniger als 6,5 mm, aufweist.
11. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Austragsleitungen (8) eine Länge von mindestens 5 m, insbesondere mindestens 10 m, aufweist.
12. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (11) über ein Entkoppelungselement (32) mit der Antriebseinheit (31) verbunden ist.
13. Förderanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (11) direkt mit der Antriebseinheit (31) verbunden ist.
14. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Durchmesser der Förderkammer im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und unteren Totpunkt (UT) des Kolbens (11) einen Durchmesser aufweist, der 0,2 bis 0,8 mm größer ist als der äußere Durchmesser des Kolbens (11).
15. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Totvolumen bei geschlossenem Ventil und Kolben am unteren Totpunkt weniger als 1/10, insbesondere weniger als 1/50, des Volumens der gesamten Förderkammer beträgt.
16. Verfahren zum Fördern von Pulver mittels einer Vorrichtung, die eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; einen Kolben (11) zum Erzeugen eines Unterdrucks in der Förderkammer (3); und einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (11) aus seiner Ausgangslage durch eine Bewegung das Pulver in die Förderkammer

saugt, dann Druckgas der Förderkammer (3) zugeführt wird und anschließend der Kolben (11) in seine Ausgangslage zurückkehrt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschließen der Zuführleitung (6) und das Öffnen der Austragsleitung (8) nicht gleichzeitig erfolgt.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärtsgeschwindigkeit des Kolbens nicht konstant ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch den Hub des Zylinders eingestellt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch die Hubfrequenz des Zylinders eingestellt wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr der Druckluft vor Verschließen der Austrags- und Zuführleitung beendet wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass:
  - die Austragsleitung (8) verschlossen wird, wenn der Kolben (11) in seiner Hubbewegung den oberen Totpunkt (OT) erreicht hat;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 15 ms Druckluft in die Förderkammer (3) gegeben wird;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 110 ms der Kolben (11) abwärts unter Zufuhr von Druckluft bewegt wird;
  - die Zufuhr der Druckluft spätestens 20 ms vor Erreichen des unteren Totpunkts (UT) beendet wird; und
  - anschließend die Austragsleitung geschlossen wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem kontinuierlichen Betrieb ein Reinigungsprogramm gefahren wird, bei dem Druckluft - - -
- mindestens viermal mit einer Dauer von jeweils mindestens 2,5 s in die Förderkammer (3) gegeben wird; und anschließend
  - mindestens einmal mit einer Dauer von mindesten 6 s in die Förderkammer (3) gegeben wird.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

[beim Internationalen Büro am 10. Februar 2003 (10.02.03) eingegangen;  
ursprüngliche Ansprüche 1-23 ersetzt durch geänderte Ansprüche 1-21]

1. Förderanlage mit mehreren Vorrichtungen (1) zum Fördern von Pulver, wobei jede Vorrichtung (1)
  - eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; und
  - Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Förderkammer (3);aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Vorrichtung (1) einen in der Förderkammer beweglichen Kolben (11) aufweist und dass die Austragsleitungen (8) an eine gemeinsame Verbrauchsstelle geführt werden.
2. Förderanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich eine Steuereinheit aufweist, um eine nicht synchrone Hin- und Herbewegung der einzelnen Kolben (11) zu gewährleisten.
3. Förderanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Vorrichtungen (1) aufweist.
4. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist.
5. Förderanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (12) oberhalb des unteren Totpunkts (UT) des Kolbens (11) in die Förderkammer (3) mündet.
6. Förderanlage nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (12) in eine umlaufende Nut mit Öffnung zur Förderkammer (3) mündet.
7. Förderanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die umlaufende Nut eine Weite von 0,05 bis 1 mm aufweist.
8. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Teil (3a) der Förderkammer (3), die Zuführleitung (6)

und die Austragsleitung (8) aus dem gleichen Material gefertigt sind und insbesondere eine auswechselbare Einheit darstellen.

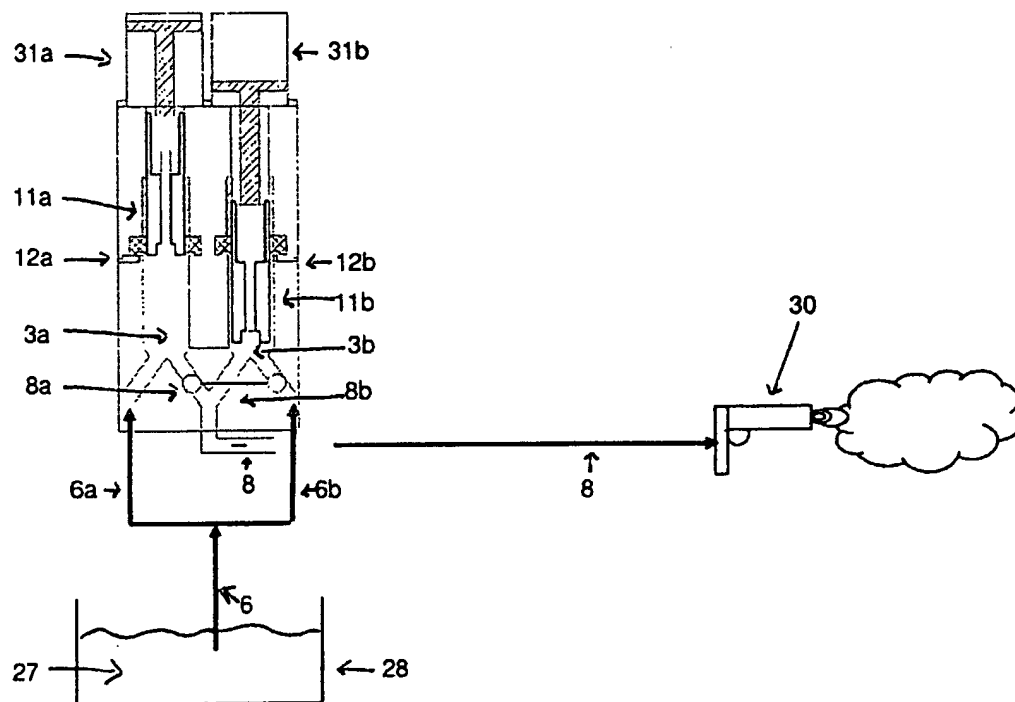
9. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Austragsleitungen (8) einen inneren Durchmesser von weniger als 8 mm, insbesondere weniger als 6,5 mm, aufweist.
10. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Austragsleitungen (8) eine Länge von mindestens 5 m, insbesondere mindestens 10 m, aufweist.
11. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (11) über ein Entkoppelungselement (32) mit der Antriebseinheit (31) verbunden ist.
12. Förderanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (11) direkt mit der Antriebseinheit (31) verbunden ist.
13. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Durchmesser der Förderkammer im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und unteren Totpunkt (UT) des Kolbens (11) einen Durchmesser aufweist, der 0,2 bis 0,8 mm größer ist als der äußere Durchmesser des Kolbens (11).
14. Förderanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Totvolumen bei geschlossenem Ventil und Kolben am unteren Totpunkt weniger als 1/10, insbesondere weniger als 1/50, des Volumens der gesamten Förderkammer beträgt.
15. Verfahren zum Fördern von Pulver mittels einer Vorrichtung, die eine Förderkammer (3), in die eine Zuführleitung (6) und eine Austragsleitung (8) für das Pulver münden; einen Kolben (11) zum Erzeugen eines Unterdrucks in der Förderkammer (3) und einen Kanal (12) zum Zuführen von Druckgas zur Förderkammer (3) aufweist, wobei der Kolben (11) aus seiner Ausgangslage durch eine Bewegung das Pulver in die Förderkammer saugt, dann Druckgas der Förderkammer (3) zugeführt wird und anschließend der Kolben (11) in seine Ausgangslage zurückkehrt, dadurch gekennzeichnet, dass



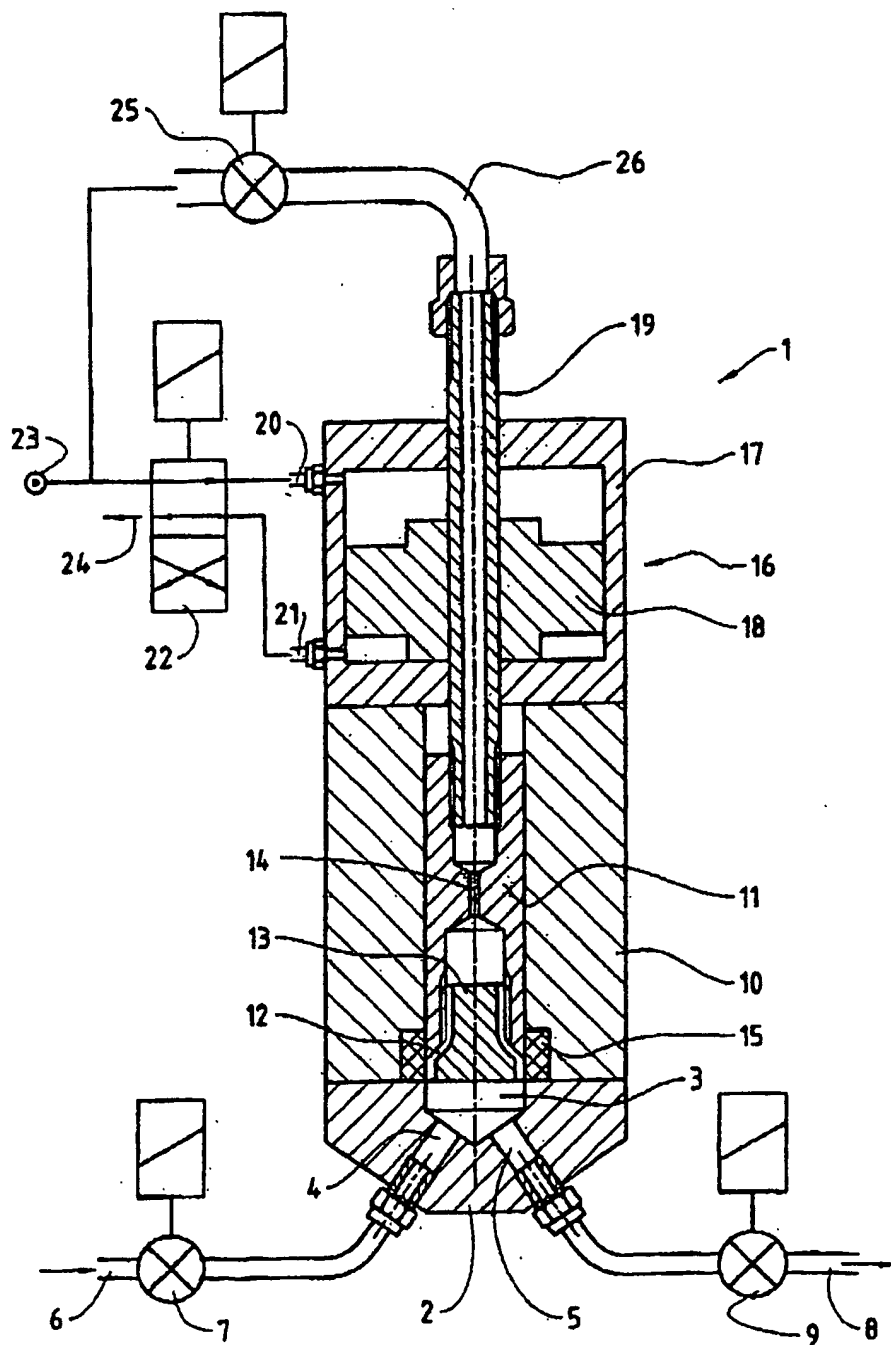
- die Austragsleitung (8) verschlossen wird, wenn der Kolben (11) in seiner Hubbewegung den oberen Totpunkt (OT) erreicht hat;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 15 ms Druckluft in die Förderkammer (3) gegeben wird;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 110 ms der Kolben (11) abwärts unter Zufuhr von Druckluft bewegt wird;
  - die Zufuhr der Druckluft spätestens 20 ms vor Erreichen des unteren Totpunkts (UT) beendet wird; und
  - anschließend die Austragsleitung geschlossen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschließen der Zuführleitung (6) und das Öffnen der Austragsleitung (8) nicht gleichzeitig erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärtsgeschwindigkeit des Kolbens nicht konstant ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch den Hub des Zylinders eingestellt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch die Hubfrequenz des Zylinders eingestellt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr der Druckluft vor Verschließen der Austrags- und Zuführleitung beendet wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem kontinuierlichen Betrieb ein Reinigungsprogramm gefahren wird, bei dem Druckluft
- mindestens viermal mit einer Dauer von jeweils mindestens 2,5 s in die Förderkammer (3) gegeben wird; und anschließend
  - mindestens einmal mit einer Dauer von mindesten 6 s in die Förderkammer (3) gegeben wird.

- die Austragsleitung (8) verschlossen wird, wenn der Kolben (11) in seiner Hubbewegung den oberen Totpunkt (OT) erreicht hat;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 15 ms Druckluft in die Förderkammer (3) gegeben wird;
  - nach einer Wartezeit von mindestens 110 ms der Kolben (11) abwärts unter Zufuhr von Druckluft bewegt wird;
  - die Zufuhr der Druckluft spätestens 20 ms vor Erreichen des unteren Totpunkts (UT) beendet wird; und
  - anschließend die Austragsleitung geschlossen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschließen der Zuführleitung (6) und das Öffnen der Austragsleitung (8) nicht gleichzeitig erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärtsgeschwindigkeit des Kolbens nicht konstant ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch den Hub des Zylinders eingestellt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördermenge an Pulver durch die Hubfrequenz des Zylinders eingestellt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr der Druckluft vor Verschließen der Austrags- und Zuführleitung beendet wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem kontinuierlichen Betrieb ein Reinigungsprogramm gefahren wird, bei dem Druckluft
- mindestens viermal mit einer Dauer von jeweils mindestens 2,5 s in die Förderkammer (3) gegeben wird; und anschließend
  - mindestens einmal mit einer Dauer von mindesten 6 s in die Förderkammer (3) gegeben wird.

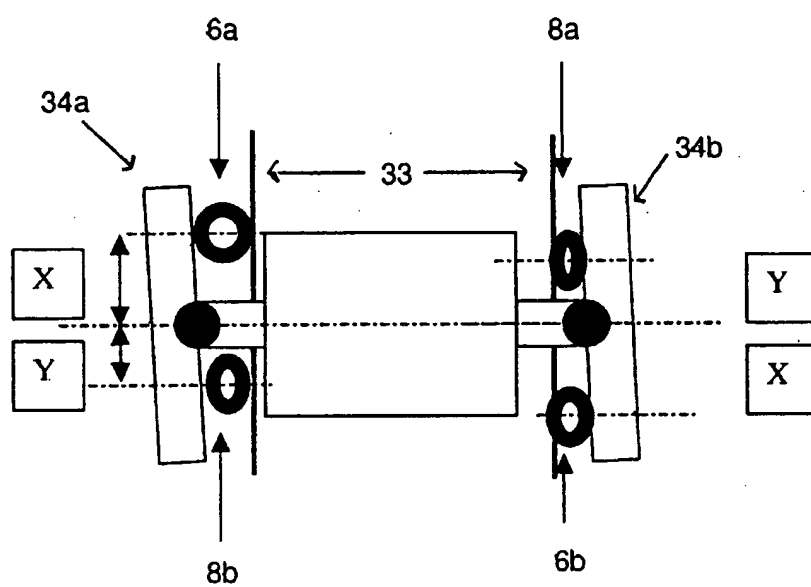
Figur 1:



Figur 2:



Figur 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/10339

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 B05B7/14 B65G53/28 F04B53/14 F04F1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B05B B65G F04B F04F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 87 520 B (POLYSIUS GMBH) 18 August 1960 (1960-08-18) the whole document ---	1-3, 13
X	US 2 151 514 A (WILL HEINEN) 21 March 1939 (1939-03-21) page 3, right-hand column, line 67 - line 75 page 4, left-hand column, line 28 - line 37	1, 2, 4-6
A	---	16
X	US 2 667 280 A (VICKERS HERBERT H ET AL) 26 January 1954 (1954-01-26) column 3, line 56 - column 5, line 42	16-21
A	-----	5-7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 2002

Date of mailing of the international search report

16/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Juguet, J

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 02/10339

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1087520	B	18-08-1960	NONE	
US 2151514	A	21-03-1939	NONE	
US 2667280	A	26-01-1954	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/10339

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
IPK 7	B05B7/14	B65G53/28 F04B53/14 F04F1/06
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
IPK 7	B05B	B65G F04B F04F
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	DE 10 87 520 B (POLYSIUS GMBH) 18. August 1960 (1960-08-18) das ganze Dokument	1-3,13
X	US 2 151 514 A (WILL HEINEN) 21. März 1939 (1939-03-21) Seite 3, rechte Spalte, Zeile 67 - Zeile 75 Seite 4, linke Spalte, Zeile 28 - Zeile 37	1,2,4-6
A		16
X	US 2 667 280 A (VICKERS HERBERT H ET AL) 26. Januar 1954 (1954-01-26) Spalte 3, Zeile 56 - Spalte 5, Zeile 42	16-21
A		5-7
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
9. Dezember 2002		16/12/2002
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Juguet, J



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/10339

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1087520	B	18-08-1960	KEINE	
US 2151514	A	21-03-1939	KEINE	
US 2667280	A	26-01-1954	KEINE	

TRANSLATION:

(19) WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION

International Office

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER  
THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) Intl. Cl.<sup>7</sup>:  
B 05 B 7/14  
B 65 G 53/28  
F 04 B 53/14  
F 04 F 1/06

(10) Intl. Publication No.:  
WO 03/024,612 A1

(43) Intl. Publication Date:  
March 27, 2003

(21) Intl. File No.:

PCT/EP02/10,339

(22) Intl. Application Date:

September 14, 2002

(25) Language of Filing:

German

(26) Language of Publication:

German

(30) Priority Application Data:

101-45,448.1; September 14, 2001; DE

(71) Applicant(s) (for all  
designated states except the US):

RAMSEIER TECHNOLOGIES AG [CH/CH]  
Moosstr. 2  
CH-3113 Rubingen (CH)

(72) Inventor(s); and

(75) Inventor(s)/Applicant(s)  
(only for US):

MOSER, Jürg [CH/CH]  
Hubelgasse 51  
CH-3421 Lyssach (CH)

(74) Attorney:

DUNKELBERG, Oliver  
Brandenburg, Dunkelberg  
& Franke Partnerschaft  
Trarbacher Str. 21  
47259 Duisburg (DE).

(81) Designated States (national):

AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,  
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,  
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM,

PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,  
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional):

ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian  
Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), European Patent (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE,  
SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG).

Published:

- with an International Search Report  
- with revised claims

For an explanation of the two-letter codes and other abbreviations, see  
"Guidance Notes on Codes and Abbreviations" at the beginning of each regular  
issue of the PCT Gazette.

---

(54) Title of the Invention:

DEVICE FOR DELIVERING POWDER AND METHOD OF OPERATING IT

(57) Abstract:

The invention concerns a delivery system with  
several devices (1) for delivering powder, such that each  
device (1) has a delivery chamber (3) into which a feed  
line (6) and a discharge line (8) for the powder open,  
and means for producing a vacuum in the delivery chamber  
(3). The means for producing a vacuum in the device (1)  
has a piston (11) that can be moved in the delivery  
chamber (3).

DEVICE FOR DELIVERING POWDER AND METHOD OF OPERATING IT

The invention concerns a delivery system for delivering powder, its use,  
and a method of delivering powder.

Numerous well-known devices for delivering powder operate by the venturi  
principle, in which the powder is entrained by a stream of gas in a nozzle.  
Although devices of this type are simple in design, they have three serious  
disadvantages: First of all, the powder density that can be achieved in the

gas stream is very low, and the powder is conveyed by flight conveyance, i.e., the air speed must be greater than the settling speed [possibly "suspension rate" -- Tr. Ed.]. In addition, the constancy of the amount of powder delivered is wholly unsatisfactory. Furthermore, the amount of powder is difficult to meter accurately. These disadvantages are especially serious if pumps of this type that operate by the venturi principle are used to deliver powder coating materials, since the resulting coatings show considerable fluctuations in coating thickness and optical properties.

Therefore, solutions that do not involve the use of the venturi principle have previously been sought.

EP 1 106 547 A1 discloses a device in which powder is pneumatically conveyed to a so-called metering chamber. This metering chamber is connected with a suction line. The metering chamber is also connected with a pressure line, so that the powder is delivered to a discharge line from the metering chamber. To produce a vacuum in the suction line, this device requires an external device outside the metering chamber, for example, a vacuum pump. A control device must be present between this device and the delivery chamber to start and stop the passage of gas. To prevent the powder flowing into the metering chamber from getting into the suction line, the latter is separated from the metering chamber by a gas-permeable separating diaphragm. Depending on the nature of the powder conveyed by this device, the separating diaphragm shows a tendency to become pasted or clogged, which, of course, impairs the operation of the device.

Another diaphragm pump for delivering powders is known from EP 0 124 933, which describes a pump with a piston, which is moved up and down in a delivery chamber. During its upstroke, the piston produces a vacuum in the feed line and therefore draws powder from the storage reservoir by suction. The piston then compresses the powder in the delivery chamber on its downstroke. After

the piston has reached the bottom dead center position, the discharge line is opened, and the compressed powder is delivered to the application site by compressed air. To produce the vacuum, the piston must be sealed by a seal, which results in extreme wear and fouling of the moving parts. This pump produces a very uneven powder/air volume flow. In addition, readily crosslinkable powders, such as thermosetting powder coating materials, easily cause clogging of the delivery chamber due to the compression that occurs before delivery. This is probably the reason that this design has not become established as an effective means of delivering powder.

US 3,391,963 discloses a powder delivery device in which diaphragm clogging is prevented by reciprocating the diaphragm by a piston. This causes undulation of the diaphragm, and the powder adhering to it can be shaken off. This device operates without feeding compressed air into the delivery chamber. However, this device is expensive and susceptible to wear, since it requires a semipermeable diaphragm. The mechanical movement of the diaphragm removes most of the adhering powder. However, small amounts of powder remain on the diaphragm, and therefore powder pasting is observed after extended operating times.

The object of the present invention is to make available a system for the delivery of powder, which can be operated more easily and more trouble-free and has significantly improved the constancy of the amount of powder delivered compared to state-of-the-art pumps. The delivery system of the present invention should be suitable especially for the delivery of crosslinkable and/or thermosetting coating materials without the occurrence of caking or pasting inside the delivery system. Furthermore, it should be possible to operate the delivery system without an additional, external source for producing a vacuum.

In accordance with the invention, this object is achieved by a delivery

system with several devices (1) for delivering powder, such that each device (1) has

-- a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; and

-- means for producing a vacuum in the delivery chamber (3), such that the means for producing a vacuum in the device (1) has a piston (11) that can be moved in the delivery chamber.

Here and in the discussion below, the term "delivery chamber" is understood to mean the part of the device (1) that is accessible to the powder when the piston is in the top dead center position (TDC). The feed line (6) and the discharge line (8) are not included as part of the delivery chamber.

The piston (11) moves in the delivery chamber (3). This means that the end face of the piston passes through part of the delivery chamber as the piston reciprocates. The upper section of the delivery chamber is followed by the part of the piston chamber [literally, a "cylinder chamber"; later, they refer to the "interior space of the cylinder"; we're calling both a "piston chamber" -- Tr. Ed.], which, due to the design of the piston, is necessary when the piston is in the top dead center position (TDC). This part of the piston chamber is not accessible to the powder to be delivered.

This delivery system in accordance with the invention guarantees constant conveyance of large amounts of powder without large amounts of conveying air and high volume rates, which are unavoidable, for example, in delivery devices based on the venturi principle. This uniform conveyance is seen especially impressively in long-term tests on the delivery rate: The pump in accordance with the invention makes it possible for the first time to achieve a maximum deviation of  $\pm 2\%$  of the preset powder delivery rate of 250 g/min over an operating period of 100 days. Furthermore, the device of the invention especially has the advantage that it does not require a device for producing

vacuum that is located outside the delivery chamber. External devices for producing a vacuum are thus unnecessary, and the powder to be conveyed through the feed line is conveyed exclusively by the movement of the piston, or, more precisely, by the movement of the piston from the bottom dead center position (BDC) to the top dead center position (TDC). The means for producing a vacuum are integrated in the device (1) itself, namely, in the delivery chamber (3). In contrast to previous pumps, the delivery system of the invention does not have a diaphragm. Therefore, no caking is observed, even with the delivery of finely divided powders that are crosslinkable or physically thermosetting (such as powder coating materials for coating surfaces).

In addition, the piston chamber can have a seal located at the top dead center position (TDC); in this case, the piston has a diameter about 0.5 mm smaller than the bore of the piston chamber. Powder deposits on the moving parts as well as wear can be significantly reduced by this type of design.

In accordance with a preferred embodiment of the present application, the delivery system also has a control unit to guarantee nonsynchronous reciprocation of the individual pistons (11). Here and in the following discussion, the term "nonsynchronous" is understood to mean that, at a specific point in time during their operation, the pistons are not moving in the same direction and are not located in the same place.

The advantage of this embodiment is that the amount of powder delivered over the course of time is still further improved. This is of considerable advantage, especially for sensitive areas of application, such as the feeding of powder coating material to the corresponding atomizing equipment (ESTA high-speed rotary bells), which is plainly seen in the significantly better behavior of the resulting hardened coating films. In addition, fluidization of the powder is not necessary for the suction process. The powder segregation that is otherwise to be observed is thus effectively prevented.

The discharge lines (8) of each device can lead to individual sites of use. In accordance with another preferred embodiment of this application, the discharge lines (8) lead to a common site of use. This results in further improvement of the amount of powder delivered in the course of time, i.e., in addition to the improvements resulting from the measures described above.

In another, highly preferred embodiment of the present invention, the delivery system has two devices (1). Findings to date indicate that this embodiment represents an optimum in constant delivery amount with respect to a simplest and most cost-effective possible embodiment of the present invention.

The present invention also preferably concerns delivery systems whose devices (1) additionally have a channel (12) for feeding compressed gas to the delivery chamber (3). This makes it possible for the first time to deliver very sensitive powders, which in the past have led to pasting or caking in mechanically operated powder pumps. Examples of sensitive powders of this type are powder coating materials based on acrylate, which additionally contain a leveling agent. This embodiment allows easy conveyance and/or metering of powders of this type, which in the past have been difficult to deliver.

A delivery system in accordance with the invention, in which the channel (12) opens into the delivery chamber (3) above the bottom dead center position (BDC) of the piston (11), is especially preferred. This ensures a distribution of air in the delivery chamber which is as protective as possible.

In accordance with a preferred embodiment of the present application in accordance with the invention, the channel (12) opens into a circumferential groove that has an opening into the delivery chamber (3). This embodiment guarantees especially uniform air distribution. The circumferential groove allows a special cleaning step of the delivery chamber to be carried out as



effectively as possible. To do this, it is only necessary to supply compressed air to the delivery chamber via the devices that are present at a pressure that is twice as high as the pressure used in the normal delivery operation. In general, the pressure of the compressed air fed into the delivery chamber is 3 bars. The pressure of the compressed air is raised to 6 bars for the cleaning step. The circumferential groove with an opening into the delivery chamber (3) guarantees effective cleaning of the delivery chamber (3) in this way. The device of the invention thus makes it possible, for the first time, to carry out a quick change of different powders without having to perform a manual cleaning of the delivery system of the invention. Due to the circumferential course of the groove with an opening into the delivery chamber, the groove itself is also completely cleaned. Accordingly, no powder residues remain in the groove after a cleaning step. The changing of different powders is an extremely interesting aspect of the invention, especially in the coating of surfaces with powder coating materials: For example, significantly faster color changes can be carried out; the once customary color fluctuations due to contamination are completely eliminated when the delivery system of the invention is used.

In another preferred embodiment of the present invention, the circumferential groove has a width of 0.05 to 1 mm. This groove width represents an optimum between a sufficient width, through which the amount of air necessary for especially sensitive powders can be continuously fed to the delivery chamber, and a width that is not too large, which would promote clogging of the groove with the powder to be conveyed.

In accordance with another, likewise preferred, embodiment of this application, the lower part (3a) of the delivery chamber (3), the feed line (6) and the discharge line (8) are made from the same material. Specifically, they constitute an interchangeable unit. The special advantage of this

embodiment is its simplicity and ease of servicing.

The present invention also concerns another preferred delivery system, in which at least one of the discharge lines (8) has an inside diameter of less than 8 mm, and preferably less than 6.5 mm. This embodiment is of special advantage when the end user exerts very little back pressure on the powder stream conveyed in the discharge line (8). This very low inside diameter compared to the feed lines and discharge lines otherwise used produces a back pressure of such a magnitude that an even more uniform volume flow can be achieved than with larger diameters. Pulsation of the powder/air stream, which is associated with disadvantages with respect to the visual quality especially of powder coatings, is prevented in this way.

In another, likewise preferred, delivery system of the present invention, at least one of the discharge lines (8) has a length of at least 5 m, and preferably at least 10 m. This minimum length builds up the back pressure necessary to prevent residual pulsation. In contrast to state-of-the-art pumps, the delivery system of the present invention improves with increasing length of the discharge line. Even with a length of 100 m, optimal conveyance is still assured.

In accordance with another, likewise preferred, embodiment of the present application, the piston (11) is connected with the drive unit (31) by a decoupling device (32) [It appears that "(32)" has been left out of all the drawings -- Tr. Ed.]

In this way, very simple drive units can be used to drive the piston, for example, simple pneumatically operated compressed-air cylinders. These commercially available compressed-air cylinders have lateral play due to their design. This lateral play prevents precise guidance of a piston (11) that is rigidly connected with a drive unit of this type. These tolerances tend to lead to pasting on the sidewalls of the delivery chamber in the region between

the top dead center position (TDC) and the bottom dead center position (BDC). In addition, this lateral play tends to cause a significantly lower service life of any sealing elements that are present. The additional decoupling device is rigidly connected with the drive unit and with the piston in the direction of reciprocation. Of course, it has lateral play produced by customary measures that are well known to an expert, which thus compensate the actual undesirable lateral play. This embodiment guarantees high reliability of piston guidance.

However, it is also possible to dispense altogether with the decoupling device (32) described above. In this likewise preferred embodiment of this invention, the piston (11) is directly connected with the drive unit (31). This makes it possible for the piston (11) to travel the full extent in the guide bush.

In accordance with another, likewise preferred, embodiment of this application, the inside diameter of the delivery chamber in the region between the top dead center position (TDC) and the bottom dead center position (BDC) is 0.2 to 0.8 mm greater than the outside diameter of the piston (11). In this embodiment, the air is introduced laminarly into the delivery chamber. At the same time, fouling of the inside wall of the cylinder is prevented.

In another preferred embodiment of the present invention, the dead volume with the valve closed and the piston at the bottom dead center position is less than 1/10, and preferably less than 1/50, of the volume of the whole delivery chamber. The reduction in the dead volume is especially important when fluctuations of the delivered air/powder stream of less than 2% must be guaranteed over an extended period of time. The delivery chamber (3) of a device (1) of the delivery system of the invention usually has a volume of 15-40 mL. A dead volume of less than 1 mL absolute already shows definite improvements in the constancy of the amount of powder delivered. In practice,

the easiest way to reduce the dead volume is to position the valves of the feed line (6) and the discharge line (8) as closely as possible to the delivery chamber (3).

To achieve the object of the invention, the invention also concerns a method for delivering powder by a device which has a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; a piston (11) for producing a vacuum in the delivery chamber (3); and a channel (12) for supplying a compressed gas to the delivery chamber (3); such that the piston (11) draws the powder into the delivery chamber by moving out of its initial position, then compressed gas is supplied to the delivery chamber (3), and then the piston (11) returns to its initial position. This method in accordance with the invention, like the delivery system described above, guarantees uniform conveyance of large amounts of powder without large amounts of conveying air and high volume rates, which are unavoidable, for example, in delivery devices based on the venturi principle. This uniform conveyance is seen especially impressively in long-term tests on delivery rate: The method in accordance with the invention makes it possible to achieve a maximum deviation of  $\pm 2\%$  of the preset powder delivery rate of 250 g/min over an operating period of 100 days. Furthermore, the method of the invention especially has the advantage that it does not require a device for producing vacuum that is located outside the delivery chamber. External devices for producing a vacuum are thus unnecessary, and the powder to be conveyed through the feed line is conveyed exclusively by the movement of the piston, or, more precisely, by the movement of the piston from the bottom dead center position (BDC) to the top dead center position (TDC). The means for producing a vacuum are integrated in the device (1) itself, namely, in the delivery chamber (3). The method of the invention does not require a diaphragm to produce a vacuum.

The supplying of compressed gas makes it possible, for the first time, to

deliver very sensitive powders, which previously have caused pasting or caking in other state-of-the-art powder pumps. Examples of sensitive powders of this type are powder coating materials based on acrylate, which additionally contain a leveling agent.

In a likewise preferred embodiment of the method of the invention, the closing of the feed line (6) and the opening of the discharge line (8) do not occur simultaneously. Specifically, first the feed line is closed, and then the discharge line is opened. In accordance with a simple realization of this feature of the method, the feed line (6) and the discharge line (8) are made of an elastomeric material. A wall is located between the two hoses; the hoses run parallel in a shut-off region [For clarification, see Figure 3, in which 33 = wall; 34a,b = rod; 6a,b = feed lines; 8a,8b = discharge lines -- Tr. Ed.]. Two rods arranged parallel to each other and oriented perpendicularly to the wall and to the hose direction are moved by a mechanical drive. This movement causes the first rod to move away from the first hose line and the second rod to move towards the second hose line, which is compressed by this movement. In this way, the first hose line is opened, and the second hose line is closed. If the mechanical drive is moved in the opposite direction, the first hose line is opened [sic; obviously they got it backwards -- Tr. Ed.] and the second hose line is closed [sic; obviously they got it backwards -- Tr. Ed.]. To ensure time-delayed opening and closing of the two hose lines, the two rods are oriented parallel to each other, but obliquely to the wall. To achieve a relatively large time delay, it is advantageous if the perpendicular sectional plane passing through both hoses in the shut-off process forms an angle of more than 30° with the axis formed by the movement of the rods. An opening and closing mechanism of this type for the nonsimultaneous opening and closing of the feed line (6) and discharge line (8) is shown schematically in Figure 3.

In accordance with another, likewise preferred embodiment of the method of the invention, the downward speed of the piston is not constant. Specifically, the downward speed slows towards the bottom dead center position (BDC). This measure still further improves the uniform delivery of the powder. The downward speed of the piston (11) is controlled by the compressed air.

In another preferred embodiment of the present invention, the powder delivery rate is adjusted by the length of the stroke. This provides a simple means of presetting the amount of powder to be delivered.

The present invention also concerns a likewise preferred method, in which the delivery rate is adjusted by the stroke frequency. This adjustment represents a simple and effective means of fine adjustment of the amount of powder to be delivered. This adjustment can be made by simple electronic regulation of the stroke frequency.

In a likewise preferred embodiment of the present method, the delivery of compressed air is stopped before the discharge line and feed line are closed.

In accordance with a preferred embodiment of the present application, the delivery of compressed air is stopped before the discharge line and feed line are closed. This prevents conveying air from entering the feed line.

In accordance with another, likewise preferred, embodiment of the method of the invention,

-- the discharge line (8) is closed [The discharge line should be opened when the piston arrives at the top, since it must be closed during the upstroke, when powder is being drawn into the delivery chamber through the open feed line. The cycle described in this paragraph includes no mention of when the discharge line is to be opened, so clearly it should be opened in this first step of the cycle to prepare for the discharge of the powder on the upcoming downstroke of the piston. In the last step, the discharge line is

closed, i.e., just before the upstroke is to start, then it stays closed during the upstroke, and must be opened (not closed) at the end of the upstroke. The same statement is made in the claims. -- Tr. Ed.] when the piston (11) has reached the top dead center position (TDC);

- then the feed line (6) is closed;

- after a waiting time of at least 15 ms, compressed air is delivered into the delivery chamber (3);

- after a waiting time of at least 110 ms, the piston (11) is moved down with the delivery of compressed air;

- the delivery of compressed air is stopped at most 20 ms before the bottom dead center position (BDC) is reached; and

- then the discharge line is closed.

This method constitutes an optimized cycle, which can be generally used for most powders to be conveyed and guarantees uniform powder delivery without the occurrence of fluctuations and without pasting or caking in the delivery chamber (3).

In another preferred embodiment of the present invention, a cleaning program is run between periods of continuous operation. In this cleaning program, compressed air is delivered into the delivery chamber (3)

- at least four times for at least 2.5 s each time, and then

- at least once for at least 6 s.

The pressure of the delivered compressed air is about 6 bars. In these pulses, the duration of the delivery of compressed air is generally longer than the duration of the interruptions in the delivery of compressed air.

The device and method of the invention are used especially in industrial powder coating. In particular, the delivery system in accordance with the invention is well suited for use in the automotive industry for the application of colorless clearcoats and colored basecoats.

The following descriptions of the figures and diagrams serve to explain the invention, but the invention is not limited to the embodiments thus described.

Figure 1 shows a system in accordance with the invention for the delivery, by means of a delivery system (29) [They neglected to label anything "(29)", as they earlier neglected to label anything "(32)". 29 is the entire twin delivery chamber device in Figure 1. 1a is the device on the left, 1b the device on the right (also not labeled). 7a, 7b not labeled in Figure 1, but 7 in Figure 2 shows where they are. Ditto for (9a) and (9b) -- Tr. Ed.], of a powder (27) from a powder reservoir (28) to an application site (30), at which, in this example, a powder gun is used to apply the powder. The delivery system (29) consists of two similiary designed, but oppositely operated, devices (1a) and (1b) [see previous Tr. Ed. note]. Naturally, the delivery system (29) may also have more than two devices (1a), (1b), depending on the amounts of powder that must be delivered to the application site (30) and on how pulsation-free the delivery should be. The powder (27) is conveyed through a common feed line (6a), (6b) [sic; should be "(6)" -- Tr. Ed.], which splits into separate feed lines (6a) and (6b). Each feed line (6a), (6b) opens into a delivery chamber (3a), (3b), respectively. A shut-off device (7a), (7b) [see Tr. Ed. note at the beginning of this paragraph] is installed in each feed line (6a), (6b). The powder is conveyed from the delivery chambers (3a), (3b) through discharge lines (8a), (8b) to the common discharge line (8), which delivers the powder to the application site (30). Stop valves (9a), (9b) [see Tr. Ed. note at the beginning of this paragraph] are also provided in the two discharge lines (8a), (8b).

Figure 1 also shows drive units (31a), (31b), with which the piston is connected by decoupling devices (32a), (32b) [see earlier Tr. Ed. note re the omission of "32" in the drawings -- Tr. Ed.]. In addition, the left piston



(11a) is at the top dead center position. The channel (12) through which the compressed air is delivered to the delivery chamber (3a) is shown below the top dead center position (TDC).

A specific embodiment of a device (1), which may also be used in the delivery system of the invention, is explained in greater detail as an example with reference to Figure 2. Figure 2 shows a longitudinal section through a schematically represented device for delivering powder.

The device (1) has a delivery chamber (3) in a base (2). An intake bore (4), and a discharge bore (5) open into the delivery chamber. A feed line (6) is connected to the intake bore (4) and can be controlled to open and close with a shut-off device (7). A discharge line (7) [sic; should be "(8)" -- Tr. Ed.] is connected to the discharge bore (5) and can be controlled to open and close with a shut-off device (9). The base (2) is connected with a guide body (10), in which a piston (11) can reciprocate. The suction piston (11) has a longitudinal bore (14), and at its end facing the delivery chamber it has a distribution header (13), which bounds channels (12) between itself and the piston (11). The purpose of these channels (12) is to feed a compressed gas to the delivery chamber (3).

A seal (15) seals the guide body (10) from both the piston (11) and the base (2). At its end facing away from the delivery chamber (3), the suction piston (11) is connected with a drive mechanism (16).

In the present example, the drive mechanism (16) is designed as a piston-cylinder unit that is actuated by a pressure medium. However, it could also be designed as a mechanical drive unit, for example, as an eccentric drive or crank drive, or as an electromagnetic drive unit. The piston (18) of the drive mechanism (16) can be moved in a cylinder (17) by a pressure medium, for example, air, and has a full-length hollow piston rod (19), which is connected at its lower end in Figure 2 with a piston (11). The other end of the piston

rod (19) is connected with a line (26) in the form of a hose, which is connected with a valve (25) and whose function will be explained further below. An upper pressure medium line (20) and a lower pressure medium line (21) serve to act upon the piston (18) with a pressure medium, for example, air, to move it up and down in the cylinder (17). The pressure medium lines (20) and (21) are connected with a multiway valve (22), which in turn is attached to a pressure medium source (23). Depending on the position of the multiway valve (22), one of the two pressure medium lines (20) or (21) is pressurized, while the other is connected to an outlet (24).

The function of the above-described device will now be explained in greater detail. Starting from the position shown in Figure 2, the piston (11) is moved away from the delivery chamber (3) by the drive mechanism (15) [sic; should be "(16)" -- Tr. Ed.]. The shut-off device (9) in the discharge line (8) is closed at this time. This motion of the suction piston (11) produces a vacuum in the delivery chamber (3). At the same time, the shut-off device (7) in the feed line (6) is opened, so that powder flows from a powder reservoir (not shown) to the delivery chamber (3). The powder in the feed line (7) [sic; should be "(6)" -- Tr. Ed.] may already be dispersed in a gas or gas mixture to make it especially highly fluid. In most cases, this gas will be air. However, in the case of sensitive powdered substances, for example, those which react or crosslink in an undesired way with oxygen, a different gas or gas mixture may be used, for example, an inert gas. After enough powder has flowed into the delivery chamber (3), the shut-off device (7) in the feed line (6) is closed. By opening the valve (25), compressed gas, which may come from the same source (23) as the compressed gas used to operate the drive mechanism (16), is caused to flow through the line (26), the piston rod (19), and the longitudinal bore (14) of the suction piston (11). At the same time, the shut-off device (9) in the discharge line (8) is opened, which

causes the powder present in the delivery chamber (3) to be discharged through the discharge line (8). This discharge of the powder by compressed gas may already start to occur before the piston (11) has reached its upper terminal position, in which it is distant from the delivery chamber. This makes it possible to achieve exact metering of the powder delivered by the device. After the suction piston (11) has returned to its initial position shown in Figure 2, a new delivery cycle can begin.

Figure 3 shows an opening and closing mechanism for the nonsimultaneous opening and closing of the feed line (6) and discharge line (8): Figure 3 represents a cross section in the region of the feed lines (6a), (6b) and discharge lines (8a), (8b). The sectional plane runs perpendicularly to these lines. An operating device is located between the walls (33) to cause suitable movement of the rods (34a), (34b). This device for moving the two rods is a short-stroke cylinder in this case. In this figure, X and Y designate the different distances of the axes, which are perpendicular to the walls (33), pass through the center of the hoses, and characterize the asymmetry. The rods (34a), (34b) do not run parallel to the walls (33). This inclination and the movement of the short-stroke cylinder guarantee staggered opening and closing of the feed lines and discharge lines. Different time differences are preselected by setting the rods (34a), (34b) at different angles of inclination.

List of Reference Numbers

- 1 device
- 2 base
- 3 delivery chamber
- 4 intake bore
- 5 discharge bore
- 6 feed line
- 7 shut-off device
- 8 discharge line
- 9 shut-off device
- 10 guide body
- 11 piston
- 12 channel
- 13 distribution header
- 14 longitudinal bore
- 15 seal
- 16 drive mechanism
- 17 cylinder
- 18 piston
- 19 piston rod
- 20 upper pressure medium line
- 21 lower pressure medium line
- 22 multiway valve
- 23 pressure medium source
- 24 outlet

- 25 valve
- 26 line (hose)
- 27 powder
- 28 powder reservoir
- 29 delivery system
- 30 application site
- 31 drive unit
- 32 decoupling unit
- 33 well
- 34 rod

#### CLAIMS

1. Delivery system with several devices (1) for delivering powder, such that each device (1) has

-- a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; and

-- means for producing a vacuum in the delivery chamber (3); characterized by the fact that the means for producing a vacuum in the device (1) has a piston (11) that can be moved in the delivery chamber.

2. Delivery system in accordance with Claim 1, characterized by the fact that it also has a control unit to ensure nonsynchronous reciprocation of the individual pistons (11).

3. Delivery system in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the discharge lines (8) lead to a common site of use.

4. Delivery system in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that it has two devices (1).

5. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that it also has a channel (12) for supplying compressed gas to the delivery chamber (3).

6. Delivery system in accordance with Claim 5, characterized by the fact that the channel (12) opens into the delivery chamber (3) above the bottom dead center position (BDC) of the piston (11).

7. Delivery system in accordance with Claim 5 or Claim 6, characterized by the fact that the channel (12) opens into a circumferential groove with an opening to the delivery chamber (3).

8. Delivery system in accordance with Claim 7, characterized by the fact that the circumferential groove has a width of 0.05 to 1 mm.

9. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the lower part (3a) of the delivery chamber

(3), the feed line (6), and the discharge line (8) are made from the same material and, in particular, constitute an interchangeable unit.

10. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that at least one of the discharge lines (8) has an inside diameter of less than 8 mm, and preferably less than 6.5 mm.

11. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that at least one of the discharge lines (8) has a length of at least 5 m, and preferably at least 10 m.

12. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the piston (11) is connected with the drive unit (31) by a decoupling device (32).

13. Delivery system in accordance with any of Claims 1 to 11, characterized by the fact that the piston (11) is directly connected with the drive unit (31).

14. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the inside diameter of the delivery chamber in the region between the top dead center position (TDC) and the bottom dead center position (BDC) of the piston (11) is 0.2 to 0.8 mm greater than the outside diameter of the piston (11).

15. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the dead volume with the valve closed and the piston at the bottom dead center position is less than 1/10, and preferably less than 1/50, of the volume of the whole delivery chamber.

16. Method for delivering powder by a device which has a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; a piston (11) for producing a vacuum in the delivery chamber (3); and a channel (12) for supplying compressed gas to the delivery chamber (3); characterized by the fact that the piston (11) draws the powder into the

delivery chamber by moving out of its initial position, then compressed gas is supplied to the delivery chamber (3), and then the piston (11) returns to its initial position.

17. Method in accordance with Claim 16, characterized by the fact that the closing of the feed line (6) and the opening of the discharge line (8) do not occur simultaneously.

18. Method in accordance with Claim 16 or Claim 17, characterized by the fact that the downward speed of the piston is not constant.

19. Method in accordance with any of Claims 16 to 18, characterized by the fact that the powder delivery rate is adjusted by the length of the stroke.

20. Method in accordance with any of Claims 16 to 19, characterized by the fact that the powder delivery rate is adjusted by the stroke frequency.

21. Method in accordance with any of Claims 16 to 20, characterized by the fact that the delivery of compressed air is stopped before the discharge line and feed line are closed.

22. Method in accordance with any of Claims 16 to 21, characterized by the fact that

- the discharge line (8) is closed [sic -- Tr. Ed.] when the piston (11) has reached the top dead center position (TDC);

- after a waiting time of at least 15 ms, compressed air is delivered into the delivery chamber (3);

- after a waiting time of at least 110 ms, the piston (11) is moved down with the delivery of compressed air;

- the delivery of compressed air is stopped at most 20 ms before the bottom dead center position (BDC) is reached; and

- then the discharge line is closed.

23. Method in accordance with any of Claims 16 to 22, characterized by



the fact that, between periods of continuous operation, a cleaning program is run, in which compressed air is delivered into the delivery chamber (3)

-- at least four times for at least 2.5 s each time, and then

-- at least once for at least 6 s.

AMENDED CLAIMS

1. Delivery system with several devices (1) for delivering powder, such that each device (1) has

-- a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; and

-- means for producing a vacuum in the delivery chamber (3);

characterized by the fact that the means for producing a vacuum in the device (1) has a piston (11) that can be moved in the delivery chamber, and that the discharge lines (8) lead to a common site of use.

2. Delivery system in accordance with Claim 1, characterized by the fact that it also has a control unit to ensure nonsynchronous reciprocation of the individual pistons (11).

3. Delivery system in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that it has two devices (1).

4. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that it also has a channel (12) for supplying compressed gas to the delivery chamber (3).

5. Delivery system in accordance with Claim 4, characterized by the fact that the channel (12) opens into the delivery chamber (3) above the bottom dead center position (BDC) of the piston (11).

6. Delivery system in accordance with Claim 4 or Claim 5, characterized by the fact that the channel (12) opens into a circumferential groove with an opening to the delivery chamber (3).

7. Delivery system in accordance with Claim 6, characterized by the fact that the circumferential groove has a width of 0.05 to 1 mm.

8. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the lower part (3a) of the delivery chamber

(3), the feed line (6), and the discharge line (8) are made from the same material and, in particular, constitute an interchangeable unit.

9. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that at least one of the discharge lines (8) has an inside diameter of less than 8 mm, and preferably less than 6.5 mm.

10. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that at least one of the discharge lines (8) has a length of at least 5 m, and preferably at least 10 m.

11. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the piston (11) is connected with the drive unit (31) by a decoupling device (32).

12. Delivery system in accordance with any of Claims 1 to 10, characterized by the fact that the piston (11) is directly connected with the drive unit (31).

13. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the inside diameter of the delivery chamber in the region between the top dead center position (TDC) and the bottom dead center position (BDC) of the piston (11) is 0.2 to 0.8 mm greater than the outside diameter of the piston (11).

14. Delivery system in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the dead volume with the valve closed and the piston at the bottom dead center position is less than  $1/10$ , and preferably less than  $1/50$ , of the volume of the whole delivery chamber.

15. Method for delivering powder by a device which has a delivery chamber (3), into which a feed line (6) and a discharge line (8) for the powder open; a piston (11) for producing a vacuum in the delivery chamber (3); and a channel (12) for supplying compressed gas to the delivery chamber (3); in which (method) the piston (11) draws the powder into the delivery chamber

by moving out of its initial position, then compressed gas is supplied to the delivery chamber (3), and then the piston (11) returns to its initial position, characterized by the fact that

- the discharge line (8) is closed [sic -- Tr. Ed.] when the piston (11) has reached the top dead center position (TDC);

- after a waiting time of at least 15 ms, compressed air is delivered into the delivery chamber (3);

- after a waiting time of at least 110 ms, the piston (11) is moved down with the delivery of compressed air;

- the delivery of compressed air is stopped at most 20 ms before the bottom dead center position (BDC) is reached; and

- then the discharge line is closed.

16. Method in accordance with Claim 15, characterized by the fact that the closing of the feed line (6) and the opening of the discharge line (8) do not occur simultaneously.

17. Method in accordance with Claim 15 or Claim 16, characterized by the fact that the downward speed of the piston is not constant.

18. Method in accordance with any of Claims 15 to 17, characterized by the fact that the powder delivery rate is adjusted by the length of the stroke.

19. Method in accordance with any of Claims 15 to 18, characterized by the fact that the powder delivery rate is adjusted by the stroke frequency.

20. Method in accordance with any of Claims 15 to 19, characterized by the fact that the delivery of compressed air is stopped before the discharge line and feed line are closed.

21. Method in accordance with any of Claims 15 to 20, characterized by the fact that, between periods of continuous operation, a cleaning program is run, in which compressed air is delivered into the delivery chamber (3)

- at least four times for at least 2.5 s each time and then
- at least once for at least 6 s.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**